Aus der Augenklinik

der Universität Düsseldorf

Direktor : Prof . Dr . med . Hans Pau

Beitrag zur Flächenverteilung der Projektion von Stereoneuronen auf die Netzhaut des menschlichen Auges

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Ludger Deitmer

~~1982~~

1983

Univ. Library
Bern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543915_0011

Aus der Augenklinik
der Universität Düsseldorf
Direktor : Prof . Dr . med . Hans Pau

Beitrag zur Flächenverteilung der Projektion von Stereoneuronen auf die Netzhaut des menschlichen Auges

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Ludger Deitmer

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät der Universität
Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Brüster

Referent
gez.: Prof. Dr. Friedburg

Korreferent
gez.: Priv.- Doz. Dr. Hennekes

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.1.	Versuchsaufbau und Material	2
2.2.	Herstellung der Random-Dot-Bildpaare	4
3.	Methodik	7
4.1.	Ergebnisse des Hauptversuchs	8
4.2.	Numerische Auswertung und Verarbeitung	19
4.3.	Diskussion zum Hauptversuch	23
5.	Ergänzungsversuch I	26
6.	Ergänzungsversuch II	30
7.	Zusammenfassung	33
8.	Literatur	34

Anhang : Lebenslauf

1. Einleitung

Bisher herrscht keine absolute Klarheit über den Pathomechanismus bei Mikrostrabismus ,besonders über die Regulationsmechanismen der anomalen Fusion.

Bis heute gibt es keine neurophysiologisch fundierte Theorie der Fusion ,wobei unter anderen noch folgende Fragen offenstehen :

- 1 - Gibt es kortikale Neurone zur Steuerung der motorische Fusion ?
- 2 - Bietet das neurophysiologische Konzept des Panumareals von Bishop einen Ansatz zur Lösung ?
- 3 - Ist die Hypothese von Poggio und Fisher -Servomechanismus der Fusion (abgeleitet aus den Befunden von Neh- bzw Fernneuronen im visuellen Cortex bei Affen) - zur Klärung der Fusion beim Menschen geeignet ?
- 4 - Kann man mit psychophysiologischen Methoden beim Menschen Befunde erheben ,die für die Übertragbarkeit der Tierversuche auf den Menschen sprechen ?

In diesem Fall soll versucht werden ,abzuschätzen ,und wenn möglich zu quantifizieren ,welche Bereiche der Netzhaut auf Stereoneurone projizieren ,die die Fusion steuern ,und wie die Flächenverteilung der Projektion dieser Neurone ist.

Dazu muß von folgenden Hypothesen ausgegangen werden :

Hypothese - A - : Die Verteilung der Interaktionsneurone bzw. darausfolgend dieFusionskraft ist gleichmäßig auf die gesamte Netzhaut und Fovea projiziert.

Hypothese - B - : Interaktionsneurone projizieren nur in die Fovea bzw. eng perifoveal mit einem Maximum in der Fovea.Es projizieren keine Interaktionsneurone in die Peripherie.

Hypothese - C - : Die Interaktionsneurone projizieren ungleichmäßig in Form eines Rings oder eines Ellipsoids perifoveal.

2.1.Versuchsaufbau und Material

(Siehe hierzu auch beigefügte Skizze auf Seite 3)

Sechs augengesunden Versuchspersonen wurde in 3,67m Abstand ein verhältnismäßig schweches Fusionsmuster binokular angeboten.Dieses Fusionsmuster wurde von Projektor 2 aus definierter Entfernung und unter definiertem Winkel projiziert. Zusätzlich wurde in gleicher Entfernung ein sehr starkes rechteckiges Feld mit Random-Dot-Fusionsmuster (sichtbar unter 25,2 mal 16,5 Grad) mit einer Höhendisperation von 13,85 Bogenminuten haploskopisch mit langsam abnehmender Querdisperation angeboten.

Das Random-Dot-Fusionsmuster wurde jeweils fünf mal von rechts kommend im Sinne einer Exophorie und fünf mal von links kommend im Sinne einer Esophorie projiziert. Dieses horizontale Schwenken des einen haploskopisch sichtbaren Hintergrundsbildes wurde durch eine bewegliche Anordnung des Projektors 3 erreicht.

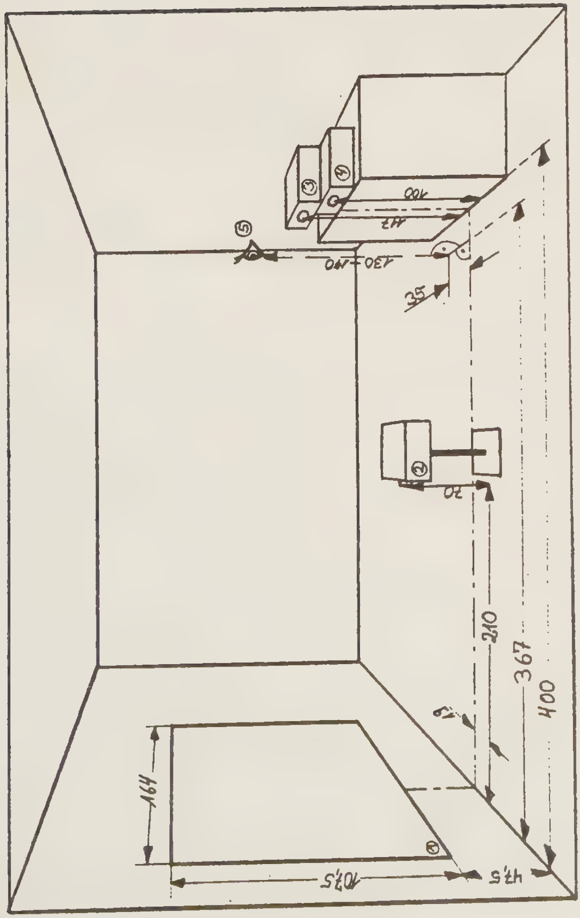
Da eine reflektierend Leinwand benutzt wurde ,war es erforderlich, den Projektor 2 in Höhe und Projektionswinkel auf Augenhöhe und Blickwinkel der Versuchsperson abzustimmen ,um unnötige Blendeffekte zu vermeiden ,die zu einer Verfälschung des Versuchsergebnisses hätten führen können. Die Anordnung der beiden Projektoren für das Haploskopische Hintergrundsbild war so gewählt ,daß der Abstand zwischen den beiden Objektiven möglichst klein war.

Eine diffuse Raumausleuchtung durch zwei Indirektbeleuchtungskörper führte auf der Leinwand zu einer Leuchtdichte von 1,5 Cd/qm , während die Leuchtdichten für die beiden Teilhalbbilder jeweils zu 64 Cd/qm und für die Binokularmarke zu 764 Cd/qm gemessen wurden.

Das angebotene binokulare Fusionsmuster bestand aus einem horizontal ausgerichtetem Strich-Punkt-Strich Balken von 3,7 Bogenminuten Dicke und 2 Grad Breite (siehe hierzu auch Graphik B auf Seite 29, Marke b).

Zur Projektion des haploskopischen Hintergrundsfeldes war ein nahezu identisches Diapaar erforderlich ,das sich lediglich im -nur für ein Auge- um 180 Grad verdrehten Mittelfeld von seinem Partner unterschied.

Durch Achsendrehung eines Dias aus einem Paar um 180 Grad ,war es möglich ,die selben Hintergrundsbilder für die Projektion mit verrauschtem Außenfeld und zugeordnetem Innenfeld zu benutzen.

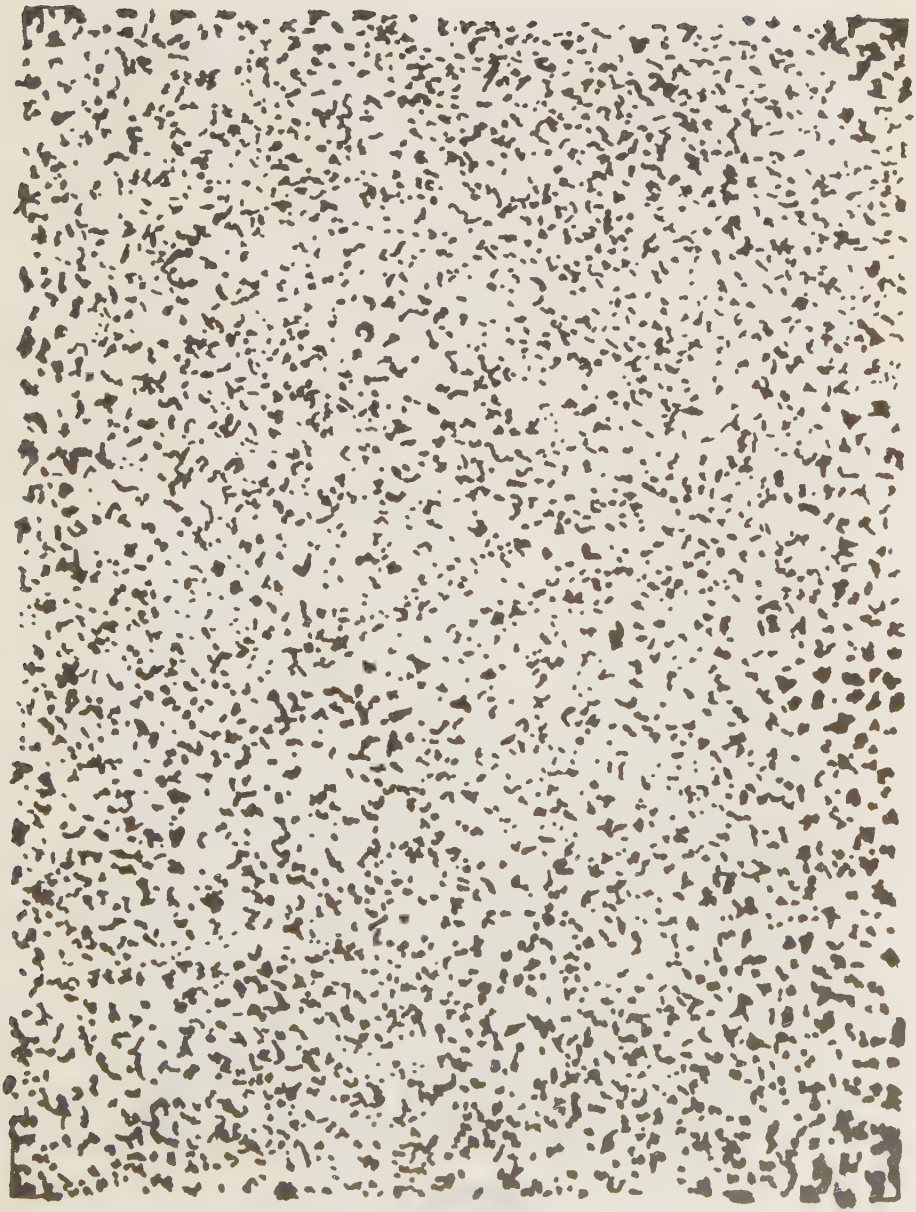

400
367
210
35
20
430-440
100
117
107,5
47,5
164

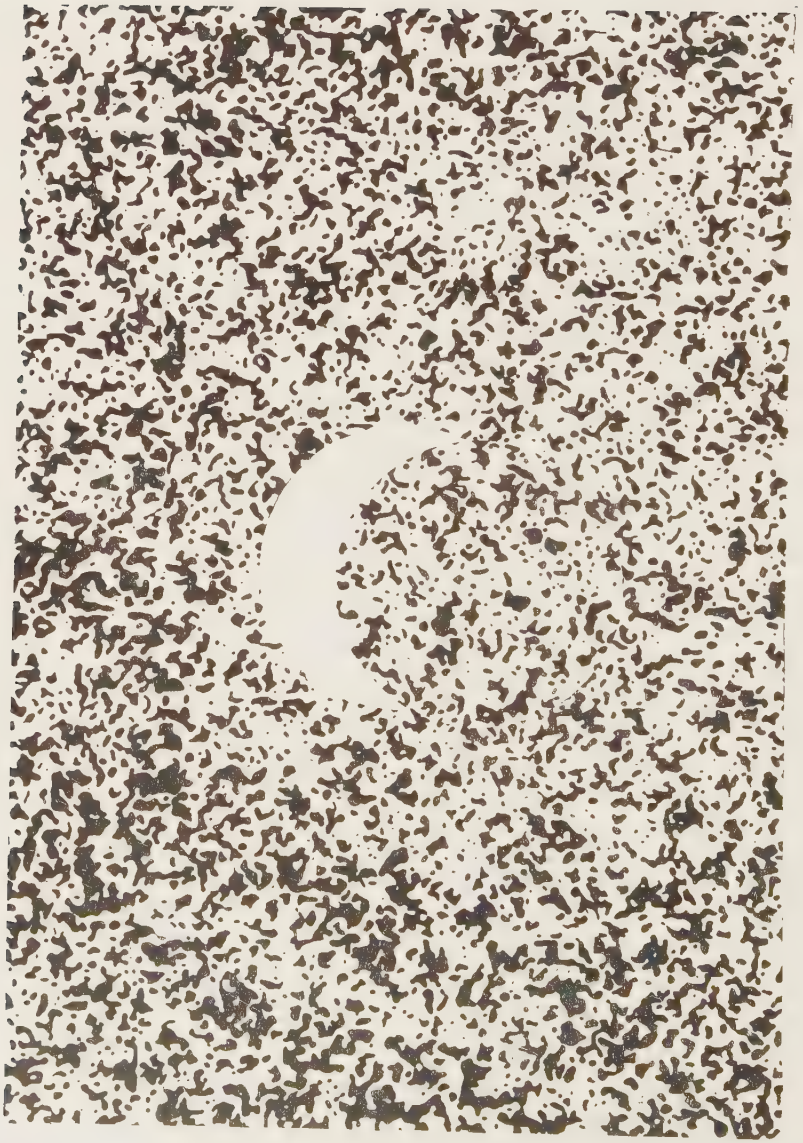
2.2. Herstellung der Random - Dot - Bildpaare

Als Muster diente ein selbst hergestelltes Random-Dot-Feld (nächste Seite) ,dessen Zeichnung sich als notwendig erwies als bemerkt wurde ,daß einige Random-Dot-Bilder aus entsprechenden Fachzeitschriften teilweise Punkt- bzw. Achsensymmetrien aufwiesen (Ein Teil des Hauptversuchs mußte wegen Benutzung einer solchen Vorlage wiederholt werden).

Von der Vorlage wurden Positivbilder mit entsprechendem Zentralkreis hergestellt ,die einmal ohne und einmal mit 180 Grad Teilverdrehung fotographiert wurden. Gerahmt ergab sich so ein Bildpaar für den Hauptversuchsteil A (innen verrauschter Kreis).

Zur Hintergrundsprojektion im Teil B wurde eines der Dias aus einem Paar insgesamt um 180 Grad gedreht ,so entstand ein innen zugeordnetes und außen verrauschtes haploskopisches Random-Dot-Bild (siehe dazu übernächste Seite).





3. Methodik

Wie schon oben beschrieben ,wurde den Versuchspersonen ein binokular sichtbates zentrales Fusionsmuster und ein haploskopisch sichtbares höhendisparates Random-Dot-Fusionsmuster mit wechselnder Querdisparation angeboten.

Regelmäßig zeigte sich kurz vor Erreichen der Querdisparation "Null" ein Umspringen der Fusion vom binokularen ,zentral angebotenen Fusionsmuster auf das haploskopisch sichtbare Random-Dot-Fusionsfeld. Wegen der Höhendisparation des haploskopischen Fusionsfeldes wurde dieses Umspringen den Versuchspersonen durch ein sofort sichtbares höhen- und querverschobenes Doppelbild zum binokular angebotenen Fusionsmuster deutlich. Der Querdisparationswinkel ,bei dem dieses Umspringen eintrat ,wurde jeweils gemessen.Es wurden jeweils fünf Messungen bei Querdisparationsverminderung im Sinne einer Exophorie und fünf Messungen bei Horizontalverschiebung im Sinne einer Esophorie vorgenommen. Die Summe der Mittelwerte der Eso- bzw. Exophoriemessungen wurde als Interaktionsareal graphisch dargestellt (Graphiken : Seite 10 bis 12,Tabellen : Seite 13 bis 18).

Um die Bereiche der höchsten Fusionswertigkeit ,die offensichtlich nicht nur in der Fovea centralis ,sondern in einem kreis- bzw. ellipsoiden Bereich perifoveal angeordnet sind ,zu messen ,wurden die haploskopischen Bildpaare bei gleichbleibender Binokularmarke so verändert ,daß im zentralen Bildbereich jeweils ein Kreis -für jedes Bildpaar ein definierter Kreisdurchmesser- angeboten wurde ,in dem die Punkte des Random-Dot-Musters nicht mehr wie im Kreisaußenfeld zugeordnet werden konnten (d.h. Verrauschung) ;hier war eine flächenhafte Erkennung und Zuordnung der Random-Dot-Punkte nicht mehr möglich ,es entstand vielmehr der Eindruck eines zylindrischen Raumes -vom Durchmesser des Kreises- , der senkrecht vor und hinter der Random-Dot-Fläche mit zugeordneten Punkten stand. Der Durchmesser dieses "100% verrauschten" Kreises variierte in sieben Stufen von 1 Grad 14' bis hin zu 14 Grad 49'.

Als Pendant zu dieser Versuchsreihe wurde eine zweite Random-Dot--Bildserie angeboten ,bei der in wiederum sieben verschiedenen abgestuften Kreisdurchmessern ,Hintergrundsbilder projiziert wurden, bei denen innerhalb des Kreises 100% Zuordnung und außerhalb 100% Verrauschung herrschte.

Anhand der so gemessenen unterschiedlichen Größe der Interaktionsareale sollte es möglich sein ,die evtl. Grenzen oder Übergangsbereiche der vermuteten Stereoneuronenhäufung abzuschätzen.

4.1. Ergebnisse des Hauptversuchs

(Die Ergebnisse sind graphisch auf den Seiten 10 bis 12 und numerisch auf den Seiten 13 bis 18 dargestellt.)

Vorbemerkungen :

Da es sich pro Versuchsperson um insgesamt 28 Einzelmeßschritte handelte und jeder Schritt aus statistischen Erwägungen aus mindestens fünf Meßwerten bestehen mußte ,ergab sich eine starke Belastung der Versuchspersonen ,die während der Messung die Binokularmarke konstant fixieren mußten. Nach ca. einer Stunde traten somit Konzentrationsschwächen auf ,die zu mehr oder weniger gravierenden Meßwertabweichungen führen mußten . Zwei bis drei Sitzungen pro Person ließen diesen Fehler nicht aufkommen oder hielten ihn zumindest sehr klein .

Bei einigen Versuchspersonen war wohl ein latenter ,bisher nicht erkannter Schielfehler vorhanden ,der diese Ergebnisse unbrauchbar machte .Die Ergebnisse dieser Versuchspersonen wurden in der Auswertung nicht mit berücksichtigt ,so daß die anfangs vorgesehene Zahl an Versuchspersonen von zehn auf sechs reduziert werden mußte.

Ein Phänomen ,worauf einzugehen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde ,trat bei einigen Versuchspersonen (besonders A_4-A_6) auf : Bei Annäherung im Sinne einer Exophorie trat das Umspringen erst kurz vor "Null" auf ,obwohl bei Annäherung im Sinne einer Esophorie ein relativ großer Winkel gemessen wurde .Inwieweit dies ein Zeichen einer klinisch nicht erkennbaren Anomalie ist ,kann vorerst nur vermutet werden .

Ergebnisse :

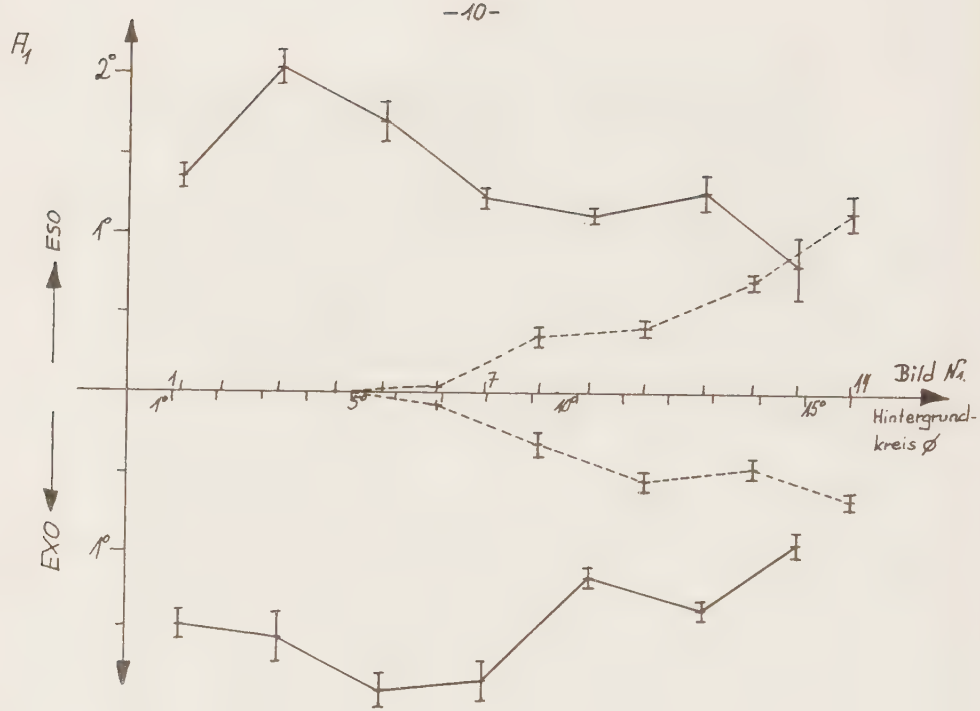
Bei der Auswertung der Ergebnisse des Hauptversuchs zeigte es sich, daß das Erreichen des Umspringens (also das Doppelsehen der Binokularmarke) abhängig war von verschieden großen Kreisdurchmessern. War der Kreis mit der zentralen 100%-Verrauschung klein ,der Hintergrundbildanteil mit 100%-Zuordnung also groß ,so war das Umspringen signifikant eher -d.h. bei größeren Querdisparationswinkeln- zu erreichen ,als bei Anbieten von großen innen verrauschten Kreisen mit weniger Bildanteil von 100% zugeordneten Random-Dot-Punkten in der Peripherie .

Die Grenzen der Validität dieses Versuchsteils A lagen darin ,daß bei einem großen Kreisdurchmesser von ca. 15 Grad der Bildanteil am gesamten projizierten Hintergrund schon 50% betrug ,die Leinwand und die Ausmaße des haploskopischen Bildes -aus technischen

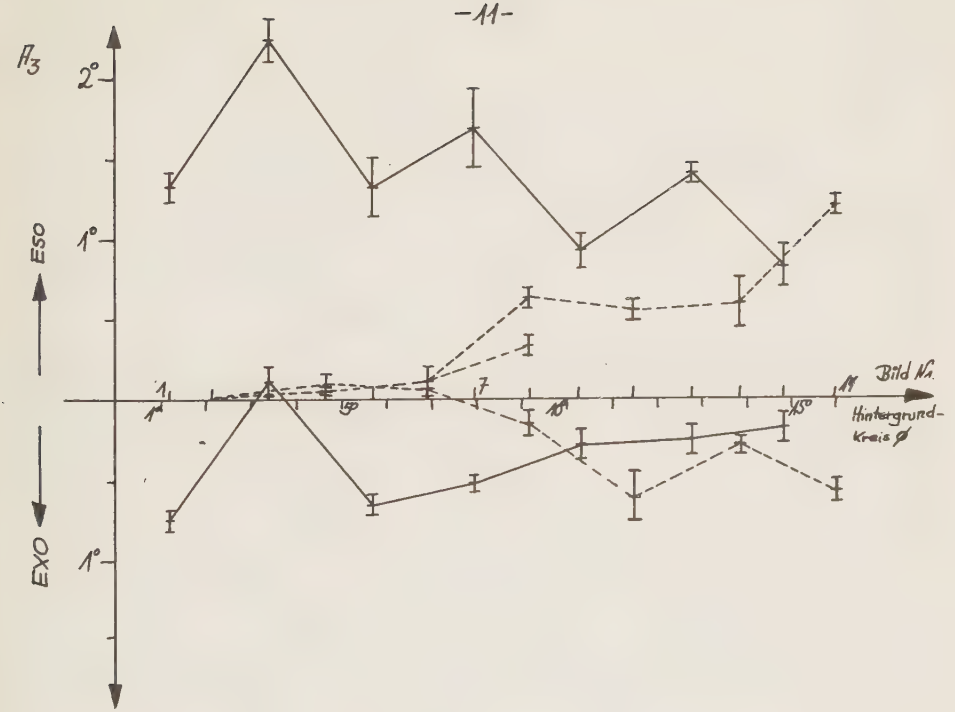
Gründen- zu klein waren .

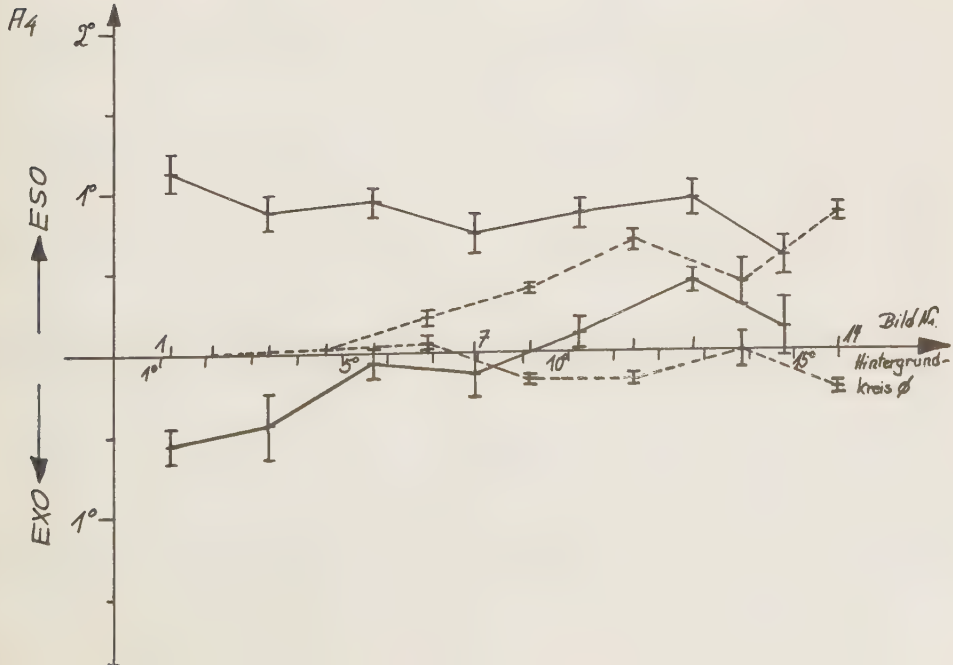
Beim Versuchsteil B ,bei dem wachsende innen zugeordnete Kreise mit verrauschtem Außenfeld angeboten wurden ,kam das begrenzte Projektionsfeld nicht so sehr zum Tragen ,so daß die gemessenen Werte für das Interaktionsareal auch bei 16 Grad Kreisdurchmesser als valide anzusehen sind ,obwohl der Bildanteil des Kreises schon über 50% lag .

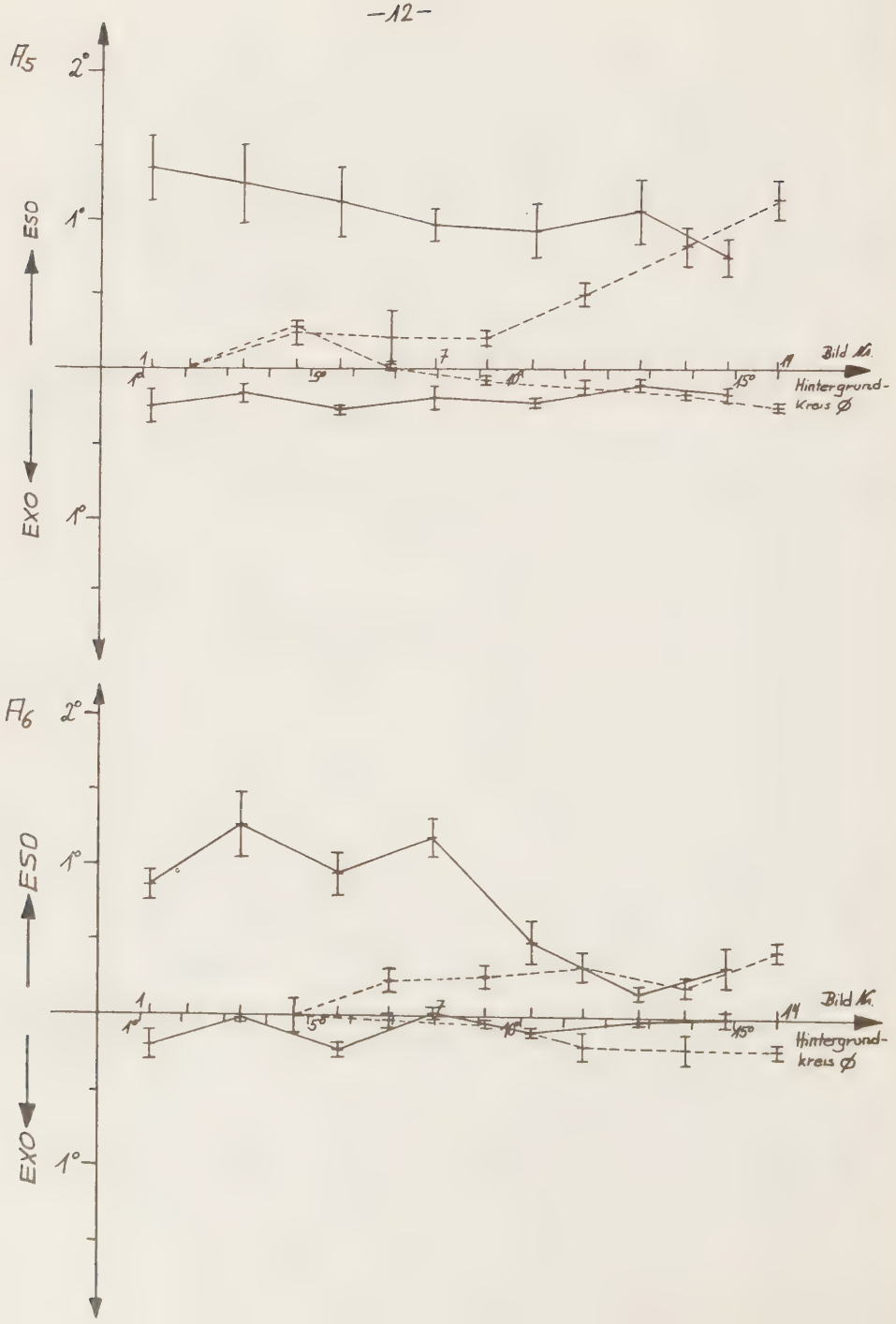
Außerdem zeigte sich hierbei ,daß die Binokularfusion erst signifikant durch innen zugeordnete Kreise von mindestens 5 Grad Durchmesser gestört werden konnte .Entsprechend den gestuft wachsenden Kreisdurchmessern (innen Zuordnung) wiesen die gemessenen Interaktionsareale steigende Winkel auf .


A1
2°
1°
ESO
EXO
1°
1
5°
7
10°
11
15°
Bild Nr.
Hintergrund-
kreis ø

A2
2°
1°
ESO
EXO
1°
1
5°
7
10°
11
15°
Bild Nr.
Hintergrund-
kreis ø


A3
2°
1°
ESO
EXO
1°
1
5°
7
10°
15°
17
Bild Nr.
Hintergrund-
kreis ø


A4
2°
1°
ESO
EXO
1°
1
5°
7
10°
15°
17
Bild Nr.
Hintergrund-
kreis ø


H_5
2°
1°
ESO
EXO
1°
Bild Nr.
Hintergrund-
Kreis Ø
H_6
2°
1°
ESO
EXO
1°
Bild Nr.
Hintergrund-
kreis Ø

Vp.	ESO	$\bar{x}_i$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	8,2/9,4/10,3/7,8/8,3	8,8 66,7	5	1,027	0,459	8,6/10,4/10,7/10,2/7,6	9,5 72,0	5	1,338	0,598
3	13,0/14,5/10,5/13,5/14,3/ =100%	13,2 100	5	1,606	0,718	8,5/11,5/13,1/8,5/8,4	10,0 75,8	5	2,175	0,973
5	13,0/8,8/12,1/9,6/11,5	11,0 83,3	5	1,751	0,783	13,2/11,0/12,8/13,5/10,0/	12,1 91,7	5	1,523	0,681
7	7,0/8,8/8,9/7,5/7,3	7,9 59,8	5	0,886	0,396	14,0/9,5/12,3/10,1/12,5	11,68 88,5	5	1,850	0,827
9	6,4/8,1/6,9/7,8/6,8	7,2 54,5	5	0,718	0,321	6,5/8,5/7,1/6,9/8,5/	7,5 56,8	5	0,938	0,420
11	6,2/9,5/8,3/6,7/9,2	8,08 61,2	5	1,519	0,679	9,3/8,2/10,1/7,9/8,4	8,78 66,5	5	0,904	0,404
13	1,7/9,0/3,2/6,8/4,6	5,06 38,3	5	2,894	1,294	7,0/4,5/7,0/6,3/5,6	6,08 46,1	5	1,057	0,473
2	Versuchsperson H_1									
4	0,0/0,1/0,3/0,0/0,1	0,1 0,8	5	0,122	0,055	0,0/0,0/0,6/0,0/0,0	0,12 0,9	5	0,268	0,12
6	0,4/0,2/0,1/0,2/0,1/	0,2 1,5	5	0,122	0,055	0,0/1,1/1,2/0,2/0,0	0,5 3,8	5	0,6	0,268
8	2,8/1,8/0,9/2,5/3,2	2,24 17,0	5	0,907	0,406	0,7/3,2/3,1/1,7/1,5/	2,08 15,8	5	1,021	0,457
10	2,5/2,9/1,5/3,6/2,5	2,6 19,7	5	0,762	0,341	4,6/2,6/2,7/3,9/4,1	3,58 27,1	5	0,887	0,397
12	5,0/4,0/3,8/4,7/5,1	4,52 34,2	5	0,589	0,263	4,0/2,1/3,7/3,3/2,2	3,06 23,2	5	0,868	0,388
14	9,5/5,2/6,9/6,8/8,2/	7,32 55,5	5	1,618	0,723	4,1/4,5/5,1/3,7/3,3	4,28 32,4	5	0,531	0,237

Nr.	ESO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	6,7/7,4/9,1/6,4/ 6,7/7,8/6,5/6,0	7,08 (31,1)	8	0,998	0,352	8,5/8,7/11,1/7,9 4,5/ 7,3/6,0/8,0	7,75 (=100%!)	8	1,949	0,689
3	4,5/8,5/5,0/4,7 7,3	6,0 (71,4)	5	1,794	0,802	3,0/5,5/7,0/6,5 5,9	5,58 (72,0)	5	1,551	0,694
5	7,9/6,6/7,0/6,5 5,8	6,76 (87,2)	5	0,770	0,344	7,2/7,5/8,6/6,3 7,0	7,32 (94,5)	5	0,841	0,376
7	7,1/6,1/4,8/6,0 6,1/	6,02 (71,7)	5	0,817	0,365	6,3/9,0/7,3/6,8 7,1	7,3 (94,2)	5	1,022	0,457
9	5,7/3,0/4,1/6,2/ 4,5	4,7 (60,6)	5	1,279	0,572	2,7/5,2/7,3/7,0 7,8	6,0 (77,4)	5	2,089	0,934
11	2,1/4,6/4,3/5,5 5,9	4,48 (57,8)	5	1,481	0,662	2,7/3,3/ 3,8/ 4,0/ 3,8	3,52 (45,4)	5	0,526	0,235
13	2,5/7,7/5,3/4,8/ 0,4/	4,14 (53,4)	5	2,790	1,248	2,5/1,5/2,4/0,8 2,3/	1,9 (24,5)	5	0,731	0,327
2	/	Versuchsperson H_2				/				
4	0,0/0,2/0,0/0,8/0,0	0,2 (2,6)	5	0,346	0,155	0,0/0,0/0,1/0,0/ 0,0/	0,02 (0,3)	5	0,045	0,02
6	1,4/0,8/0,6/1,1/0,4	0,86 (11,1)	5	0,397	0,178	0,0/1,3/0,0/1,0/ 0,1/	0,58 (7,5)	5	0,801	0,358
8	2,5/3,0/4,1/1,5 2,7/	2,6 (33,5)	5	1,229	0,550	0,3/3,4/0,4/1,9/ 1,3/	1,44 (18,6)	5	1,686	0,754
10	3,0/2,5/1,0/2,0/ 2,1/	2,12 (27,4)	5	1,340	0,599	2,9/2,0/6,2/2,7 4,6/	3,68 (47,5)	5	1,702	0,761
12	3,5/4,2/2,8/3,4/ 4,6/	3,7 (47,7)	5	0,707	0,316	6,3/4,2/9,1/8,2 6,4/	6,84 (88,3)	5	1,898	0,849
14	4,5/4,3/3,2/7,1/ 6,2/	5,06 (65,3)	5	1,566	0,700	6,5/8,0/5,4/8,2 5,3/	6,68 (86,2)	5	1,381	0,618

Nr	ESO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	8,5/7,9/7,3/8,7 10,6	8,6 58,9	5	1,25	0,56	5,1/5,5/5,1/5,6/3,2	4,9 33,6	5	0,98	0,44
3	14,3/14,3/11,6/ 16,3/16,6/	14,6 =100%!	5	2,00	0,90	-1,4/0,3/-2,1/1,3 -1,5/	-0,68 -4,7	5	~~1,2747~~ 1,42	~~0,570~~ 0,64
5	5,7/8,4/7,1/9,4 12,6	8,64 59,2	5	2,61	1,17	3,3/3,9/5,1/4,0 5,1	4,28 29,3	5	0,795	0,36
7	6,5/10,0/10,1/ 16,1/12,3	11,0 75,3	5	3,53	1,58	2,5/3,4/3,0/3,8/ 4,3	3,4 23,3	5	0,696	0,31
9	4,5/5,5/4,0/8,5/ 6,5/6,8	5,97 40,9	6	1,65	0,67	4,0/2,1/2,7/2,3/ -0,1/0,2	1,87 12,8	6	1,553	0,636
11	10,0/9,0/8,5/9,6/ 9,0/	9,22 63,2	5	0,585	0,262	1,8/3,0/3,0/0,3/0,5	1,72 11,8	5	1,303	0,583
13	7,3/3,1/4,4/7,5/4,4	5,34 36,6	5	1,955	0,87	2,4/1,4/2,5/0,1/-0,2	1,24 8,5	5	1,258	0,563
2	~~Ø~~ Versuchsperson T_3					~~Ø~~				
4	0,0/1,0/0,0/0,5/0,0	0,3 2,1	5	0,447	0,2	0,0/-2,0/0,0/0,0/-0,5/	-0,5 -3,4	5	0,866	0,337
6	-0,8/2,9/0,6/0,0/~~-6,7~~/ 0,5/	0,64 4,4	5	1,379	0,617	-1,0/-1,5/1,2/-0,7/ -0,1/	-0,42 -2,9	5	1,038	0,464
8	3,5/3,2/5,5/4,4/ 3,8/	4,08 27,9	5	0,909	0,407	-0,9/1,1/1,3/1,9/ 1,7/	1,02 7,0	5	1,119	0,5
10	3,2/2,5/3,8/4,5/ 4,0/	3,6 24,7	5	0,771	0,345	5,7/1,0/3,6/3,1/ 6,8/	4,04 27,7	5	2,274	1,017
12	4,9/1,8/3,0/2,1/2,4	3,84 26,3	5	2,162	0,967	2,4/1,9/1,2/2,8/1,3	~~1,92~~ ~~7,26~~ 13,2	5	0,691	0,309
14	9,2/8,1/7,4/7,3/ 7,6/	7,92 54,3	5	0,779	0,35	4,4/2,0/4,5/4,0/4,0/	3,78 25,9	5	1,021	0,457

Nr.	ESO	$\bar{x}$	m	s_{m-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO	$\bar{x}$	m	s_{m-1}	$s_{\bar{x}}$
1	6,9/9,4/5,9/8,4 6,0/	7,32 = 100% !	5	1,535	0,687	4,2/5,0/1,8/2,6 4,8	3,68 50,3	5	1,439	0,643
3	6,3/4,1/7,6/6,0/4,4	5,68 77,6	5	1,441	0,645	4,2/6,3/4,2/-1,3/ 1,2	2,92 39,9	5	2,978	1,332
5	7,3/5,0/5,5/7,7/ 4,8	6,06 82,8	5	1,346	0,602	1,4/-1,0/-1,0/2,2 -1,5/	0,42 5,7	5	1,432	0,641
7	4,4/6,1/7,1/4,1/ 2,5	4,84 66,1	5	1,797	0,803	-2,5/1,5/2,4/1,3 1,6	0,86 11,7	5	1,924	0,861
9	5,0/5,0/6,8/7,0/4,3	5,62 76,8	5	1,205	0,539	0,2/-1,3/0,9/-0,5/ -2,7	-0,68 -9,3	5	1,394	0,623
11	5,0/7,6/ 8,0/5,8/ 4,5/	6,18 84,4	5	1,556	0,696	-1,8/-2,7/-4,1/ -2,8/-2,8	-2,84 -38,8	5	1,100	0,496
13	6,2/7,6/1,8/5,0/3,5	3,82 52,2	5	1,784	0,798	-5,7/0,9/-0,6/0,6/ 0,5	-0,86 -11,7	5	2,765	1,236
2	Versuchsperson H_4									
4	0,3/0,2/ 0,0/0,3/0,1	0,18 2,5	5	0,130	0,058	-1,0/-0,5/1,0/ -0,2/-0,2/	-0,18 -2,5	5	0,540	0,242
6	1,1/0,1/ 2,0/2,1/1,5	1,36 18,6	5	0,596	0,267	0,0/-0,4/0,0/0,1 -1,5	-0,36 -4,9	5	0,709	0,317
8	2,5/ 3,2/2,5/2,0/2,7	2,58 35,2	5	0,482	0,216	0,8/1,8/1,4/0,6/0,9	1,1 15,0	5	0,490	0,219
10	4,0/5,5/5,6/3,6/3,8	4,5 61,5	5	0,970	0,434	1,5/1,6/0,9/1,2/0,5	1,14 15,6	5	0,451	0,201
12	2,2/1,2/2,4/6,1/1,8	2,74 37,4	5	1,985	0,888	-1,5/-1,5/-0,3/ 1,8/ 1,3	-0,04 -0,5	5	1,558	0,697
14	6,3/5,2/4,7/6,2/5,5	5,58 76,2	5	0,676	0,302	1,6/0,7/1,9/1,5 1,6	1,46 19,9	5	0,451	0,201

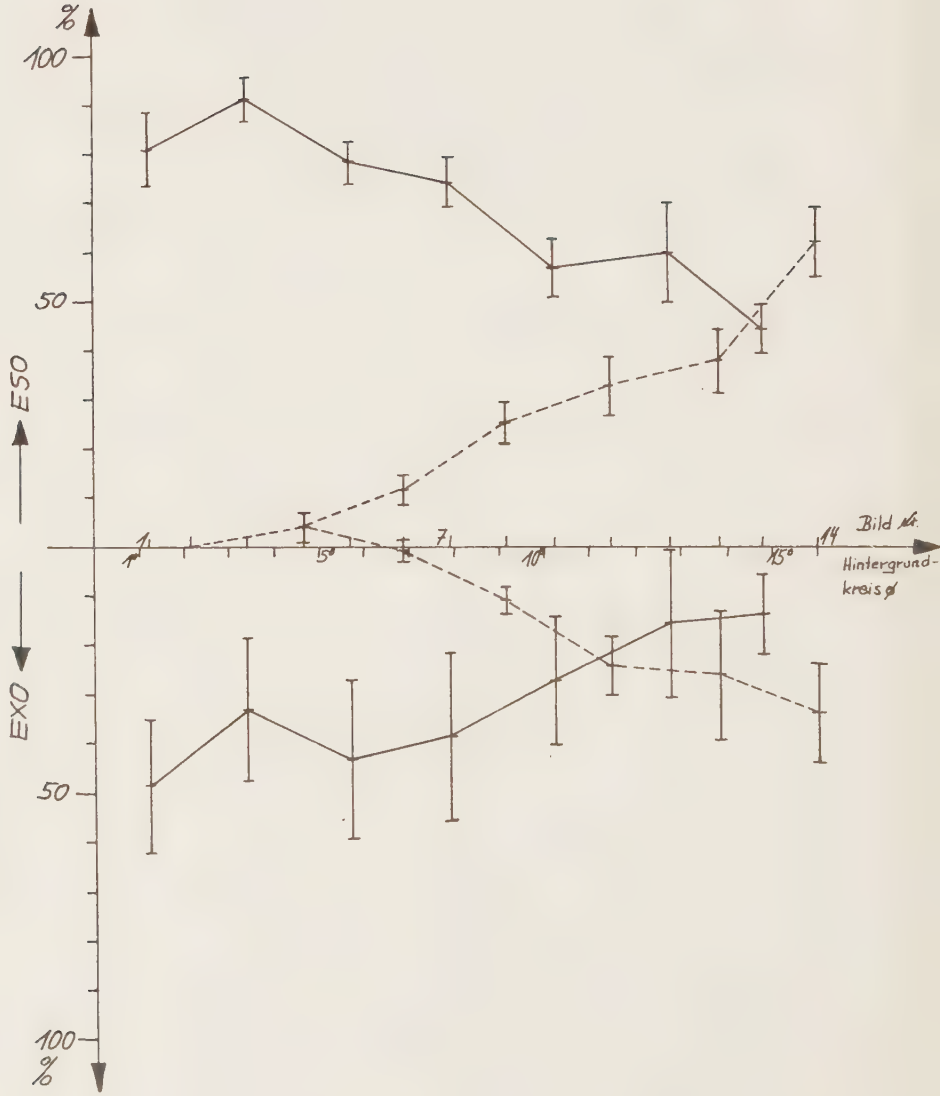
Nr.	ESO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	-17- EXO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	6,6/5,2/9,0/9,3/13,4 → =100%!	8,7	5	3,130	1,400	1,0/4,3/2,5/-0,1/0,0/2,0/	1,617 18,6	6	1,677	0,685
3	4,0/10,0/5,0/13,3/7,5/	7,96 91,5	5	3,786	1,693	2,0/1,7/1,2/0,1/0,5/	1,1 12,6	5	0,797	0,356
5	12,0/8,2/11,3/28/6,2/4,5/2,8/14,4/2,8	7,222 83,0	9	4,459	1,486	2,0/2,3/2,0/2,3/2,3 2,1/0,7/0,5/1,7	1,767 20,3	9	0,691	0,230
7	6,1/4,3/5,3/7,0/8,3/	6,2 71,3	5	1,539	0,688	2,2/0,5/1,2/1,6/1,8	1,26 14,5	5	1,048	0,469
9	8,8/8,0/5,6/4,5/2,5	5,88 67,6	5	2,570	1,149	1,6/1,0/1,0/1,8/1,9	1,46 ~~1,58~~ 16,8	5	0,434	0,194
11	10,1/4,3/8,4/8,2/2,9/	6,78 77,9	5	3,036	1,358	1,1/0,0/0,9/0,0/0,6/	0,52 6,0	5	0,507	0,227
13	4,2/7,5/5,9/3,0/3,6	4,84 55,6	5	1,839	0,823	1,0/1,2/0,0/1,8/1,0/1,8/	1,13 13,0	6	0,665	0,272
2	/ Versuchsperson 75					/				
4	2,0/0,6/3,0/0,0/1,7/	1,46 16,8	5	1,182	0,529	-3,0/-1,0/0,0/-2,3/-2,5/	-1,76 -20,2	5	1,230	0,550
6	4,2/1,0/5,0/0,8/-1,7/-1,5/	1,3 14,9	6	2,803	1,144	0,0/-0,8/0,0/-0,2/1,0/-0,5/	-0,08 -0,9	6	0,615	0,251
8	1,8/0,4/1,8/1,4/1,2	1,32 15,2	5	0,576	0,258	0,3/0,8/1,2/0,2/0,0/	0,5 5,7	5	0,490	0,219
10	3,3/1,4/4,5/4,1/2,8/	3,22 37,0	5	1,215	0,544	1,4/0,3/0,1/1,4/0,7/	0,78 9,0	5	0,606	0,271
12	4,3/3,5/6,9/7,8/4,2/	5,34 64,4	5	1,888	0,844	0,8/1,1/1,0/1,4 1,3/	1,12 12,9	5	0,239	0,107
14	5,1/6,7/6,8/9,6/9,7/5,7/	7,27 83,6	6	1,952	0,797	1,7/2,0/2,0/1,3/1,1/2,1/	1,7 19,5	6	0,415	0,169

	ESO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	6,3/3,8/6,6/4,3 6,9	5,58 61,9	5	1,424	0,637	0,0/3,0/0,8/0,2 2,4	1,28 15,6	5	1,346	0,602
3	13,1/6,3/7,1/5,3 9,3 →	8,22 =100%!	5	3,100	1,387	0,0/-0,5/0,0/0,5/ 0,6/	0,12 1,5	5	0,444	0,198
5	8,0/6,4/3,9/7,9 4,3/	6,10 74,2	5	1,938	0,867	0,9/2,4/1,3/2,2/ 0,7/	1,5 18,2	5	0,765	0,342
7	7,0/9,2/4,8/8,5/ 9,0/	7,70 93,7	5	1836	0,821	0,0/-0,3/0,0/-1,0 0,8/	-0,1 -1,2	5	0,648	0,290
9	3,5/3,0/0,5/6,1/ 2,8	3,18 38,7	5	1,999	0,894	1,1/0,0/1,0/0,8/ 0,6/	0,7 8,5	5	0,436	0,195
11	2,0/0,0/1,1/1,1/ 0,8/	1,00 12,2	5	0,718	0,321	0,0/0,0/0,5/0,0/ 0,5/	0,2 2,4	5	0,274	0,122
13	3,2/0,3/4,3/0,0/ 3,1/	2,18 26,5	5	1,915	0,856	0,1/-0,5/1,2/-0,5/ 0,0/	0,06 0,7	5	0,695	0,311
2	Versuchsperson H6									
4	0,0/1,0/2,1/-1,5/ -1,7/	0,02 0,2	5	1,574	0,704	1,8/0,0/-0,8/0,0/ -0,9/	0,02 0,2	5	1,083	0,484
6	2,0/0,0/2,3/0,9/ 2,2/	1,48 18,0	5	0,998	0,447	0,5/0,0/0,0/1,0 -0,5/	0,20 2,4	5	0,570	0,255
8	2,8/0,6/0,4/2,4/ 2,3/	1,7 20,7	5	1,114	0,498	0,0/1,0/0,3/0,0 -0,4/	0,18 2,2	5	0,523	0,233
10	1,0/3,2/0,5/2,0/ 3,5	2,04 24,9	5	1,316	0,589	2,5/0,0/0,0/2,6/ 1,4/	1,3 15,8	5	1,277	0,571
12	1,2/3,2/1,4/1,1/ 0,2/0,5/	1,267 15,4	6	1,050	0,429	0,0/0,0/3,2/0,0/ 3,2/2,0	1,4 17,0	6	1,595	0,651
14	2,2/4,5/2,1/2,5 3,0/	2,86 34,8	5	0,981	0,439	0,2/2,0/1,3/1,8/ 1,6/	1,38 16,8	5	0,709	0,317

4.2. Numerische Auswertung und Verarbeitung

Die fünf gemessenen Werte für jeden Versuchsschritt wurden für jede Versuchsperson einzeln in üblicher Weise statistisch bearbeitet und graphisch dargestellt. Diese Ergebniskurven der einzelnen Versuchspersonen wurden einmal durch Mittelwertbildung zu einer "Rohkurve" zusammengestellt. Da aber die Ordinatendimensionen interpersonell stark schwankten ,die Kurven aber vom Aspekt immer den gleichen Verlauf zeigten ,schien es wenig sinnvoll ,mit dieser "Rohkurve" zu arbeiten . Vielmehr war von einer Kurve aus zusammengefaßten ,einzelnen -in der Ordinatenrichtung relativierten - Graphen eine höhere Signifikanz zu erwarten .
Im Vergleich dargestellt sind "Rohkurve" und ordinatenrelativierte "Prozentkurve" auf Seite

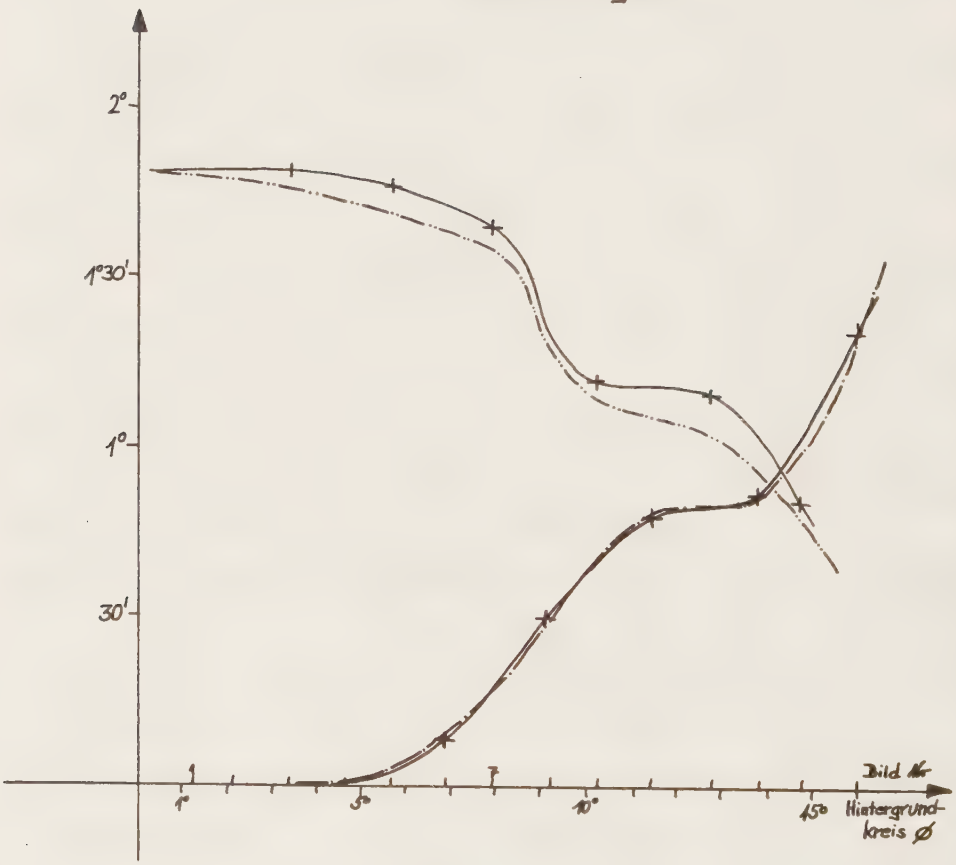
„Prozentkurve"



Nr.	ESO (%)	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$	EXO (%)	$\bar{x}$	n	s_{n-1}	$s_{\bar{x}}$
1	66,7 / 91,4 / 58,9 / 100,0 / 100,0 / 67,9	80,8	6	18,4	7,52	72,0 / 100,0 / 33,6 / 50,3 / 18,6 / 15,6	48,4	6	32,88	13,42
3	100,0 / 77,4 / 100,0 / 77,6 / 91,5 / 100,0	91,1	6	11,02	4,50	75,8 / 72,0 / -4,7 / 39,9 / 12,6 / 1,5	32,9	6	35,30	14,4
5	83,3 / 87,2 / 59,2 / 82,8 / 83,0 / 74,2	78,3	6	10,28	4,20	91,7 / 94,5 / 29,3 / 5,7 / 20,3 / 18,2	43,3	6	39,33	16,05
7	59,8 / 77,7 / 75,3 / 66,1 / 71,3 / 93,7	74,0	6	11,62	4,74	88,5 / 94,2 / 23,3 / 11,7 / 14,5 / -1,2	38,5	6	41,7	17,03
9	54,5 / 60,6 / 40,9 / 76,8 / 67,6 / 38,7	56,5	6	14,94	6,10	56,8 / 77,4 / 12,8 / -9,3 / 16,8 / 8,5	27,2	6	32,84	13,41
11	61,2 / 57,8 / 63,2 / 84,4 / 77,9 / 12,2	59,5	6	25,36	10,35	61,5 / 45,4 / 11,8 / -38,8 / 6,0 / 2,4	15,5	6	36,66	14,97
13	38,3 / 53,4 / 36,6 / 52,2 / 55,6 / 26,5	43,8	6	11,69	4,77	46,1 / 24,5 / 8,5 / -11,7 / 13,0 / 0,7	13,5	6	20,04	8,18
2	→ Werte zur „Prozentkurve“									
4	0,8 / 2,6 / 2,1 / 2,5 / 16,8 / 0,2	4,2	6	6,26	2,56	0,9 / 0,3 / -3,4 / -2,5 / -20,2 / 0,2	-4,1	6	8,06	3,29
6	1,5 / 11,1 / 4,4 / 18,6 / 14,9 / 18,0	11,4	6	7,14	2,91	3,8 / 7,5 / -2,9 / -4,9 / -0,9 / 2,4	0,8	6	4,59	1,88
8	17,0 / 33,5 / 27,9 / 35,2 / 15,2 / 20,7	24,9	6	10,17	4,15	15,8 / 18,6 / 7,0 / 15,0 / 5,7 / 2,2	10,7	6	6,60	2,69
10	19,7 / 27,4 / 24,7 / 61,5 / 37,0 / 24,9	32,5	6	15,30	6,24	27,1 / 47,5 / 27,7 / 15,6 / 9,0 / 15,8	23,8	6	13,70	5,59
12	34,2 / 47,7 / 26,3 / 37,4 / 61,4 / 15,4	37,07	6	16,12	6,58	23,2 / 88,3 / 13,2 / -0,5 / 12,9 / 17,0	25,7	6	31,65	12,92
14	55,5 / 65,3 / 54,2 / 76,2 / 83,6 / 34,8	61,6	6	17,44	7,12	32,4 / 86,2 / 25,9 / 19,9 / 19,5 / 16,8	33,5	6	26,44	10,80

Größe der Interaktionsareale

— Kurvenvergleich —



Rohkurve : reiner Durchschnittswert der Größe der PA.

"Prozentkurve" : interpersonal angeglichene Werte der Größe der PA.

4.3. Diskussion zum Hauptversuch

In den vorliegenden Versuchen wird davon ausgegangen ,daß die hypothetische "Fusionskraft um so größer ist ,je größer das gemessene Interaktionsareal ausfällt . Bei innenverrauschtem Kreis ergibt sich mit dessen Zunahme zunächst eine Abnahme der Interaktionsareale ,die genau der Kurve des Anteils der verrauschten Fläche bei Wachsen des innenliegend verrauschten Kreises entspricht. Dieser Befund würde die Hypothese A stützen . Verwendet man allerdings ein Bildpaar mit innen zugeordnetem Kreis und verrauschter Peripherie ,dann ergibt sich bis etwa 5 Grad Durchmesser dieses Kreises überhaupt kein Effekt auf die Fusion ,d.h. wir fanden Interaktionsareale von 0 Grad Durchmesser . Insofern entspricht diese Kurve nicht dem Verlauf der Kurve des verrauschten Flächenanteils zur Gesamtfläche .

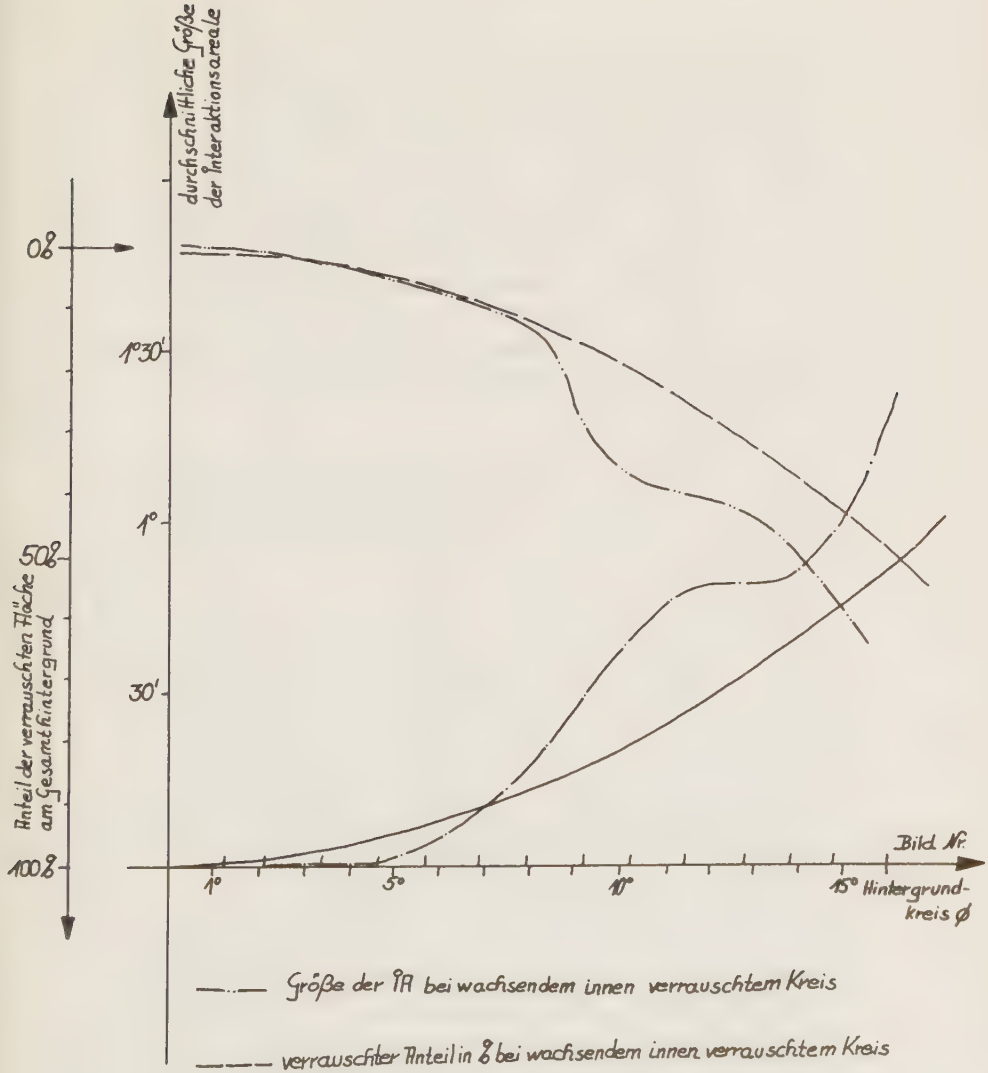
Dieser Befund spricht dafür ,daß ein kleines zentrales Areal von maximal 5 Grad Durchmesser hinsichtlich der Fusionswirksamkeit "unterwertig" ist . Dieser Befund ist klinisch insofern hochinteressant als rein empirisch bekannt ist ,daß Patienten mit tapetoretinaler Depigmentation ,denen gerade dieser zentrale Bereich als einziger noch verblieben ist ,besonders häufig über Fusionsstörungen mit irreparabelen Doppelbildern klagen .

An die Zone einer relativen "Fusionsunterwertigkeit" von etwa 5 Grad Durchmesser scheint sich eine Zone einer "Fusionsüberwertigkeit" anzuschließen . Denn hier weicht sowohl die Kurve bei wachsendem innenverrauschtem Kreis abrupt von der Kurve der prozentualen Flächenvergleiche ab als auch die Kurve des innenzugeordneten Kreises mit verrauschter Peripherie . In beiden Fällen entspricht die Abweichung einer überproportional hohen "Fusionskraft".

In den vorliegenden Versuchen ist das Maximum dieser Abweichung von der Kurve der Flächenverhältnisse etwa im Bereich eines Kreises um die Fovea mit ca. 8 Grad bis 12 Grad Durchmesser (Radius 4 - 6 Grad) zu finden . Weiter zur Peripherie sind die vorliegenden Resultate wegen der begrenzten Größe des Projektionsfeldes nur mit Vorsicht zu bewerten .

Hiermit ergibt sich eine deutliche Wahrscheinlichkeit für die Hypothese C ,in der angenommen wurde ,daß die der Fusion dienenden

Kanäle (entsprechend Neurone) in der Projektion auf die Retina insofern ungleich verteilt sind ,als ein Ring mit erhöhter Dichte dieser Kanäle perifoveal bei etwa einem Radius von 4 bis 6 Grad liegt .


durchschnittliche Größe der Interaktionsareale
0%
1°30'
1°
30'
50%
100%
Anteil der verrauschten Fläche am Gesamthintergrund
Bild Nr.
1°
5°
10°
15° Hintergrundkreis ø
Größe der PA bei wachsendem innen verrauschtem Kreis
verrauschter Anteil in % bei wachsendem innen verrauschtem Kreis
Größe der PA bei wachsendem innen zugeordnetem Kreis
verrauschter Anteil in % bei wachsendem innen zugeordnetem Kreis

5. Ergänzungsversuch I

(Bild hierzu siehe Seite 29)

Bei diesem Versuch ging es primär darum ,abzuschätzen ,welchen Einfluß die Größe und Form der Binokularmarke auf die Ergebnisse hatte .

Jetzt war die Variable nicht wie in Versuch A der Kreisdurchmesser, sondern es wurden alle Parameter konstant gehalten (Hintergrundsbild 1 : kleiner innen verrauschter Kreis) bis auf das binokular angebotene Fusionsmuster ,von dem fünf verschieden große und unterschiedlich gestaltete Ausführungen projiziert wurden . (Erst bei der Versuchsauswertung wurde klar ,wie wichtig die Ausdehnung dieses Ergänzungsversuches auf eine Testreihe mit Fusionsmarken ohne den zentralen Punkt gehabt hätte .)

Es war die Tendenz zu erkennen ,daß große Binokularmarken einen größeren Fusionsanreiz und damit kleinere Interaktionsareale zeigten als kleine Testmarken . Allerdings führte der Vergleich von Marke b mit c zu der Überlegung ,daß der Kreisring ,der keine zusätzliche Verkleinerung der Interaktionsareale brachte ,eine untergeordnete Fusionswirkung haben muß .

Um diesen Verdacht klarer herauszustellen ,wurde die Untersuchung mit Bild V ,dessen Kreisdurchmesser dem Ringaußendurchmesser von Marke e entsprach ,wiederholt ,so daß jetzt keine Interaktionen zwischen Random-Dot-Feld (zugeordneter Teil) und Binokularmarkenumfeld mehr auftreten konnten .

Bei dieser zweiten Serie war erstens eine signifikante Verkleinerung der Interaktionsareale -und somit eine größere Fusionswirksamkeit der binokularen Zentralmarke - erst dann sichtbar ,wenn sie in einem Mindestblickwinkel von ca. 5 Grad projiziert wurde .

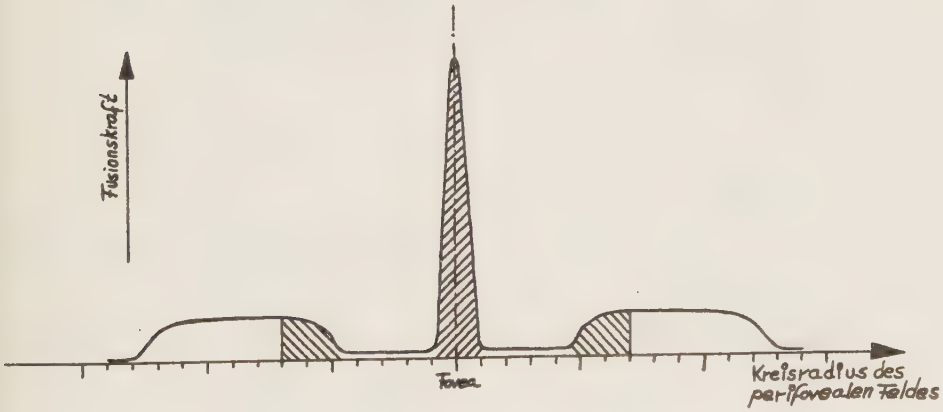
Zweitens war die Konstanz der Größe der Interaktionsareale eindrucksvoll ,wenn die Fusionsmarken a bis d angeboten wurden ,die in einer Größe von 1 Grad bis 4 Grad 37 Bogenminuten variierten und deutliche Formunterschiede aufwiesen .

Daß die Größe der Fusionskraft ,die die Marke e erzeugt ,nicht nur durch deren Flächenausmaß zu erklären ist ,zeigt der Vergleich von Marke b mit c ,bei dem die Interaktionsareale trotz großer Flächenunterschiede fast gleichgroß sind .

Die Frage ,was nun zur Konstanz der Interaktionsarealgröße bei den Messungen mit den Marken a bis d führte ,muß zwangsläufig das Augenmerk auf die Fovea centralis lenke .Da die oben beschriebene

Versuchsreihe nicht durchgeführt wurde (Binokularmarken ohne Zentralpunkt) ,bleibt anzunehmen ,daß der binokulare Zentralpunkt eine wichtige Rolle in allen Testreihen spielte und der Zentralbereich von ca. 0,5 Grad Durchmesser für die Fusion wesentlich ist; die Effektlosigkeit der Änderung des Fusionsmarkenumfeldes bestätigt die Annahme eines zentralen quantitativen oder qualitativen Fusionsneuronenmaximums .
Daß Marke e zu kleineren Interaktionsarealen führte ,begründet sich in der im Hauptversuch beschriebenen Vermutung.

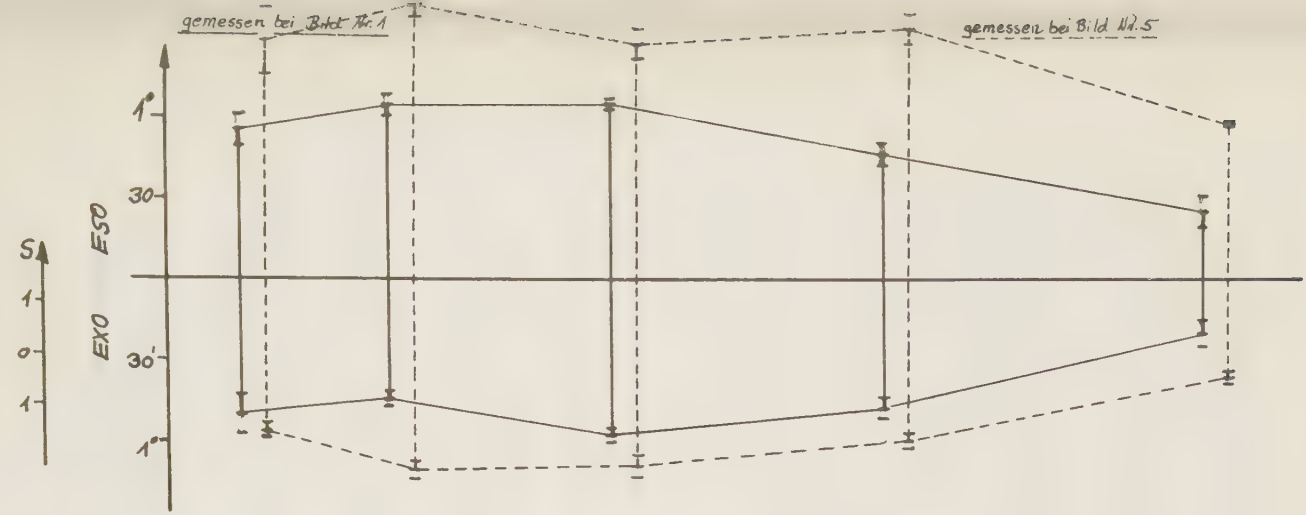
Somit kann man sich folgendes Bild denken :
(Fusionskraft gegenüber Raumanordnung um die Fovea centralis)



Es entsteht das Bild eines Kraters mit einer zentralen Spitze , wobei Erhebungen eine vermehrte Fusionskraft darstellen .Weiteren Versuchen ist es vorbehalten zu quantifizieren ,in welchem "Höhenverhältnis" Kraterrand und Kraterspitze zueinander stehen.

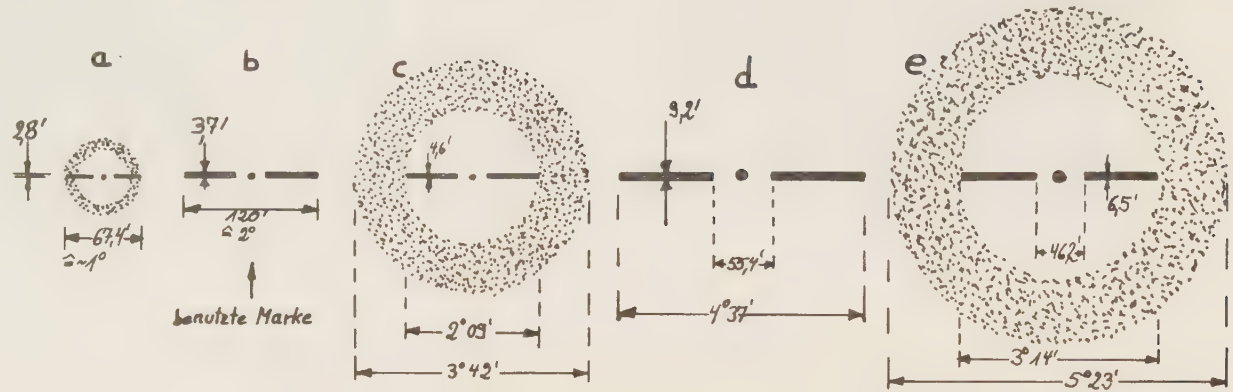
Wenn man annimmt ,daß ein Random-Dot-Störfeld im Bereich von 1 bis 7 Grad (wobei der Bereich von 0,5 bis ca. 5 Grad als unwirksam angenommen wird) erst im Stande ist ,die Fusion zu stören ,muß an diesem Punkt (Kreisdurchmesser ca. 7 Grad) ein Kräftegleichgewicht herrschen . Besser gesagt ,es muß ein Gleichgewicht der Kraft - Flächen - Produkte angenommen werden . Da das Flächenverhältnis (im Bild schraffiert) ca. 1:300 bis 1:400 (genau 1:384) beträgt ,ist anzunehmen ,daß die Fusionskraft pro Fläche im Zentralbereich um jenen Faktor größer ist als am "Kraterrand" .

Möglicherweise -das müßte genauer untersucht werden- ist es nicht richtig ,nur das Flächenverhältnis zu berücksichtigen . Es ist denkbar ,daß die Menge der fusionswirksamen Hell - Dunkel - Übergänge (evtl. die aufsummierte Gesamtlänge der "Kanten") hier eine, bei diesem Versuch nicht abschätzbare ,wichtige Rolle spielt . D.h.: bei anderer Korngröße oder Kornstruktur sind abweichende Ergebnisse denkbar .



Größe der Interaktions-areale : 1°46' 1°49' 2°03' 1°34' 47' (Bild Nr. 1)
: 2°24' 2°53' 2°36' 2°33' 1°34' (Bild Nr. 5)

Marke:



6. Ergänzungsversuch II

(Bild hierzu siehe Seite 32)

Aus technischen Gründen war es bei der Versuchsanordnung nicht möglich ,eine 100% konstante Winkelgeschwindigkeit des bewegten der beiden Hintergrundsprojektoren ,die die haploskopischen Bilder zeigten ,zu ermöglichen . Da anzunehmen ist ,daß auch das Ansprechen der Stereoneurone ein dynamischer Vorgang ist ,scheint hier eine Fehlermöglichkeit gegeben zu sein .

Um das Ausmaß dieses Fehlers abschätzen zu können ,wurde in diesem Ergänzungsversuch die Winkelgeschwindigkeit als Variable angesehen und bei sonst konstanten Parametern die Auswirkung auf die Größe der Interaktionsareale gemessen . Dazu wurden vier verschiedene Winkelgeschwindigkeiten vorgegeben : ca. 5'/sec , ca. 9'/sec , ca. 16'/sec , ca.30'/sec .

Bei hohen Winkelgeschwindigkeiten ,wie z.B. bei ca.30'/sec , ist wiederum eine Fehlermöglichkeit gegeben ,da in der Zeit vom Bemerken der Höhenquerdisparation durch die Versuchsperson bis zum Anhalten des schenkbaren Projektors durch den Versuchsdurchführenden ,das bewegte Hintergrundsbild um einige Bogenminuten weiterwanderte und so das Interaktionsareal kleiner gemessen wurde ,als es in Wahrheit war .

Grundsätzlich ist anzunehmen ,daß dieser Fehler in alle Messungen , auch die des Hauptversuchs ,eingegangen ist ,doch wurde diese Abweichung bei niedrigen Winkelgeschwindigkeiten als sehr gering angenommen .

Inwieweit die dynamische Kapazität der Stereoneurone bei hohen Winkelgeschwindigkeiten und kleinen Punktmustern (Hell - Dunkel - - Wechsel pro Sekunde) aus- oder überlastet wurde ,läßt sich mit diesem Versuch nicht beantworten.

Die Auswertung der Meßergebnisse (siehe hierzu auch Seite 32) zeigt deutlich , daß eine variable Winkelgeschwindigkeit das Meßergebnis zu beeinflussen vermag.

Es bleibt zu bemerken ,daß der maximale Winkelgeschwindigkeitsschwankungsbereich ,der im Versuch möglich war , im Bereich von ca.7'/sec bis ca.11'/sec lag ,und somit ein durchschnittlicher Fehler von ca. 7% (plus/minus) denkbar ist .

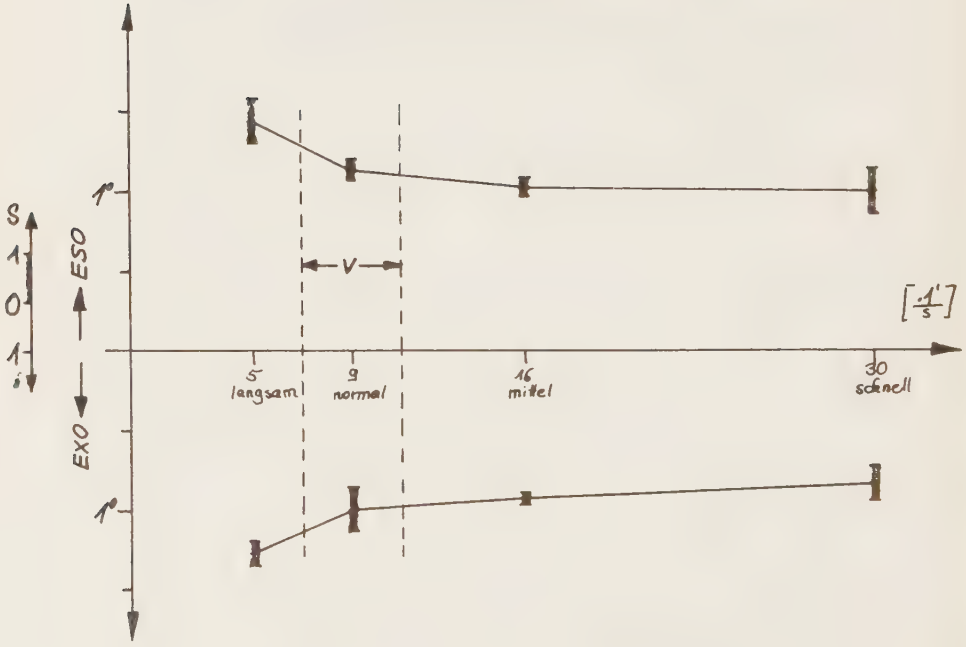
Bei sehr niedrigen Winkelgeschwindigkeiten von z.B. ca. 5'/sec wurde ein größeres Interaktionsareal gemessen als bei schnellen Querdisparationsänderungen ,was zum Teil natürlich durch den

Meldefehler zu erklären ist ,was aber auch nahelegt anzunehmen , daß bei langsamer Hintergrundsänderung ,dem Fusionsmechanismus die Möglichkeit gegeben ist ,die "Unstimmigkeiten" in einer höheren Aktivitätsstufe zu bearbeiten.
Im Winkelgeschwindigkeitsbereich von ca. 10'/sec bis 30'/sec traten keine weiteren signifikanten Größenunterschiede der Interaktionsareale auf ,so daß man annehmen kann ,daß für diesen Winkelgeschwindigkeitsbereich die neuronale Verarbeitungsstufe die gleiche ist . Denkbar ist somit ,daß der im Hauptversuch benutzte Querdisparationsgeschwindigkeitsbereich gerade in eine Übergangszone von neuronaler Verarbeitung unterschiedlicher Aktivität fällt .
Wichtigstes Ergebnis dieses Ergänzungsversuchs ist die Tatsache , daß trotz des relativ einfachen Apparateaufbaus der Fehler durch Winkelgeschwindigkeitsänderungen im Bereich von plus/minus 7 % lag .

Darstellung der Ergebnisabhängigkeit von verschiedenen Winkelgeschw.

(bei Bild Nr. I und Normalmarke)

Winkelgeschw. ∢	ESO	EXO
langsam ca. $\frac{5'}{s}$	$\bar{x}$ = 9,28 cm ≙ 1°26' s = 0,89	$\bar{x}$ = 8,3 cm ≙ 1°17' s = 0,52
normal ca. $\frac{9'}{s}$	$\bar{x}$ = 7,28 cm ≙ 1°07' s = 0,35	$\bar{x}$ = 6,51 cm ≙ 1° s = 0,91
mittel ca. $\frac{16'}{s}$	$\bar{x}$ = 6,6 cm ≙ 1°01' s = 0,41	$\bar{x}$ = 6,06 cm ≙ 56' s = 0,20
schnell ca. $\frac{30'}{s}$	$\bar{x}$ = 6,4 cm ≙ 59' s = 0,89	$\bar{x}$ = 5,36 cm ≙ 49' s = 0,69



Größe des Interaktionsareals: 2°43' 2°07' 1°57' 1°48'

V = für die Messungen üblicherweise benutzte Winkelgeschwindigkeit

→ durch Geschwindigkeitsänderung bedingte Maßungenauigkeit: bis 15%

7. Zusammenfassung

Im Hauptversuch wurde dargestellt ,daß wohl ,wie in Hypothese C beschrieben ,ein Ring- bzw. Ellipsoidbereich um die Fovea existiert, der eine höhere Fusionswirksamkeit hat als andere angrenzende Netzhautzonen . Es konnte gezeigt werden ,zwar nur an Hand von Meßergebnissen von sechs Versuchspersonen ,daß dieser Bereich in einem Blickwinkel von ca. 8 Grad bis ca. 12 Grad liegt . Die Grenzen sind hier willkürlich gewählt , es sind sicherlich Übergangszonen vorhanden .

Die Ergebnisse widersprechen aber sehr deutlich der Hypothese A , die eine gleichmäßige Stereoneuronenverteilung über die gesamte Netzhaut postuliert .

Wie die Stereoneuronenverteilung im Foveabereich aussieht ,konnte nur grob geschätzt werden ,doch ist wohl deutlich geworden - im Ergänzungsversuch I - ,daß auch hier ein Maximum liegen muß ,wie in Hypothese B beschrieben . Welcher Bereich ,der der Fovea oder der des Rings ,wichtiger für die Fusion ist ,konnte dieser Versuch nicht zeigen ,es wurde aber die Möglichkeit angedeutet ,diesen Sachverhalt zu quantifizieren .

Der "Kraterrand" mit der zentralen Spitze scheint ein passables Bild der Fusionsneuronenverteilung bzw. deren Gewichtung zu sein .

8. Literaturliste

Bishop ,P.O. : Neurophysiology of binokular vision and stereopsis
Jung (ed) ,Handbook of Sensory Physiology , Vol II/3 ,Part A , pp 255 - 305 , Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1973)

Friedburg ,D. : Suppression und anomale Korrespondenz - neurophysiologische Modellvorstellungen .
Sonderdruck aus : Augenärztliche Fortbildung für Jahreskurse für die praktische Augenheilkunde , Band VI Teil 1 ,(1980) Herausgeber H.J.Mertê , Urban u. Schwarzenberg, München .

Friedburg ,D. : Ist Fixationsdisparität der Motor der Fusion ?
Vortrag Heidelberg (1977 b) ,Bericht der Deutschen Ophthalmologischen Gesellscheft 75 , pp 473 - 476 (1978)

Friedburg ,D. : Was ist anomale Netzhautkorrespondenz ?
Versuch einer neurophysiologischen Erklärung .
Ber. 133 ,Versammlung Rheinisch - Westfälischer Augenärzte , pp 19 - 24 (1977 c)

Friedburg ,D. : Abnehmende lokale Stereopsis mit zunehmender Querdisparation ,ein Hinweis auf abnehmende Dichte der binokularen Projektion am Rande des Penumareals .
Albrecht von Graefes Archiv für klinisch experimentelle Ophthalmologie (1980)

Friedburg ,D. : Stereosehen bei zentralen Skotomen
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 178 ,(1981) pp 85 - 88 , F. Enke Verlag

Poggio ,G.F.;Fisher ,B. : Binocular interaction and depth sensitivity in striate and prestriate cortex of behaving Rhesus Monkly .
Journal of Neurophysiology,40,(1977),1392-1405.

L E B E N S L A U F

- geboren am 08.12.1950 in Westerholt,Kreis Recklinghausen
- Eltern : Ursula D. geb.Becker
  Dr.med.Ludger Deitmer (Augenarzt)
- aufgewachsen als zweites von fünf Geschwistern
- Konfession : rk
- aufgewachsen und zur Schule gegangen in Hemer ,Kreis Iserlohn
- Abitur (neusprachl.) 1970
- danach Wehrdienst 18 Monate
- bis zum WS 1974 Studium der Elektrotechnik (ohne Dipl.-Abschluß)
- ab WS 1974 Studium Humanmed. in Aachen bis zum SS 1978
- ab WS1978 bis zum Staatsexamen am 20.10.1980 Studium in Düsseldorf
- von November 1980 bis Dezember 1981 chir.Assistentenzeit am Krankenhaus in Tönisvorst
- seitdem als Assistent an der Rheinischen Orthopädischen Landesklinik in Viersen
- seit dem 28.9.78 verheiratet und Vater einer Tochter